用 IP Trace 支持的 NS2 脚本生成

刘晶洁[1]，丁伟[1]

(1.计算机网络和信息集成教育部重点实验室（东南大学），江苏 南京 211189)

摘要：NS2 是一种高效的网络模拟工具，用户在设计 NS2 脚本时需要自行估计大量测度参数，具有一定程度的主观性，这些参数的设置如果能与实际流量吻合会使分析结果更具说服力。IP Trace 能最真实的反映采集点网络流量的状况，给包括网络行为学、仿真参数获取、QE 评估等相关领域的研究工作提供帮助。论文*提出了一种基于实测 IP Trace 的 NS2 脚本生成方法，核心思路是让 NS2 脚本参数尽可能地来源于实测数据*。介绍了包括*数据源的获取与用户输入规则的设计、测度计算方法与 NS2 脚本生成*在内的所有相关问题的解决方案。在这个方案的支持下，*IP Trace 的拥有者可以提供第 3 方的 NS2 脚本服务*。

关键词：NS2; IP Trace; 测度; 规则

中图法分类号： TP393

NS2 Script Generation Supported by IP Trace

Jing-jie LIU[1], Wei DING[1]

(1.Key Laboratory of Computer Network and Information Integration

(Southeast University), Ministry of Education, Nanjing 211189, China)

Abstract: NS2 is a network simulation tool with high efficiency. Users need to estimate a large number of measurement parameters when designing the NS2 script, which leads to a certain degree of subjectivity. The analysis result will be more convincing if those measurement parameters can be consistent with the actual flow. IP Trace can reflect the most actual network traffic condition, providing assistance for research fields including network behavior, acquisition of simulation parameters, QE evaluation, etc. This paper *proposed a NS2 script generation method based on the actual IP Trace. The core idea was to make the NS2 script parameters came from the measured data as more as possible*. The paper introduced all the related solutions including *acquisition of data source, design of the rule input， calculation method of measurements and scheme of NS2 basic script generation*.Under the support of the scheme, *the IP Trace owner can provide the third-party NS2 script service.*

Keywords: NS2; IP Trace; Measurement; Rule

一、 引言

随着全球信息化进程的不断推进，网络规模也日益增大，其复杂性、异构性都日益增强。当前主要有 6 种主流网络研究方法[1-4]，包括数学模型分析、网络仿真、网络模拟、网络测量、原形实验平台、实际网络测量与实验。在众多网络研究方法中，网络模拟具有独特的优势，它不但可以检验其他研究方法的结果，而且对于不可被精确预计的大规模复杂网络，网络模拟也可以提供相对科学的结果。目前主要流行的网络模拟器有 NS2(Network Simulator version 2)[5]与 OPNET(Optimized Performance Network Engineering Tool)[6]等，其中 NS2 因其开源性而得到了众多学者的青睐，也成为目前普遍使用及公认的模拟工具。

NS2 是一种高效的网络模拟工具。用户在使用 NS2 时需要通过测度属性对模拟环境进行描述，这就是 NS2 脚本。目前情况下，用户都是自行估计这些测度参数，具有一定的主观性，最终可能导致模拟结果的不精确，可信水平有时也会存在疑问。

IPTAS[1] (IP Trace Analysis System)是一个在国家 973 等项目支持下开发的互联网综

[1]IP Trace Analysis System(IPTAS)[EB/OL],http://iptas.edu.cn.

合流量分析平台。其中的采集子系统能够在一段连续时间内，以低丢包率完成对流经 CERNET 江苏省网边界主干信道的双向全部 IP 报文头部进行完全捕捉并存储为 IP Trace。它可以给包括网络管理、网络行为学、仿真参数获取和 QE 评估等几乎所有相关领域的研究工作提供帮助。

国内外有很多单独基于 NS2 或基于 IP Trace 的研究，例如 S Mohapatra, P Kanungo 等人基于 NS2 仿真，利用带宽、延时、丢包率等测度属性的比较，分析了无线移动网络中 AODV、DSR、OLSR、DSDV 四种路由协议的性能与适用场景[7]；N Sumathi, DASThanamani 等人提出了一种在移动自组网络中通过减少节点间串听而减少能量损耗的策略，并用 NS2 进行了相关的模拟工作[8]；缪丽华提出了基于数据摘要的 IP Trace 发布方式[9]，并比较了摘要后的 IP Trace 与源 IP Trace 的带宽和往返时延，以验证摘要后 IP Trace 的强还原性。然而或许因为只有很少的机构具备从高带宽主干信道上获取流量数据的能力，目前为止还没有见到研究将 NS2 与 IP Trace 相结合工作的报告。鉴于主观估计的 NS2 仿真的参数估计的不精确性，利用 IP Trace 作为数据源帮助提供设计 NS2 脚本时所需的必要测度参数可以使测度参数更具有真实性，有利于得出更加精确的模拟结果，也会使最终的分析结果更具说明力。

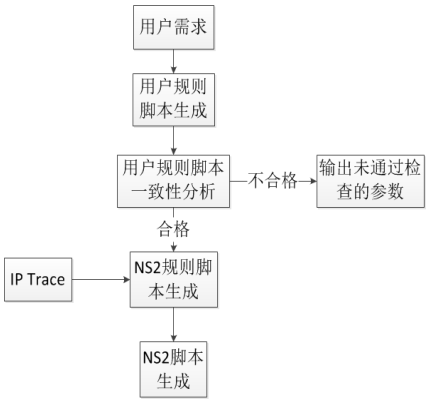

图 1 基于 IP Trace 的 NS2 脚本生成示意图

本文的研究目标是将以 IPTAS 平台采集的 IP Trace 作为原始数据源，在组流等技术手段的支持下，进行相应的分析、摘要，根据用户的需求，计算出指定的 NS2 测度属性，并最终生成基于这些测度属性的 NS2 脚本。最终完成的系统将集成进 IPTAS 平台，提供第 3 方的 NS2 脚本生成服务。基于这个思路的一个具体的实现方案如图 1 所示。这个方案共涉及三个脚本：用户规则脚本、S2 规则脚本和 NS2 脚本。用户规则脚本是对用户需求的形式化描述，形式化描述的目的是进行所有参数间关系的合理性分析；NS2 规则脚本是一个对所有 NS2 脚本中 IP 流的描述，这个脚本通过补充用户规则脚本获得；NS2 脚本是最终生成的、符合 NS2 语法规则、实际运行的 NS2 脚本。

二、基于 IP Trace 的 NS2 脚本生成方案

2.1NS2 测度分析

NS2 主要用于模拟各种不同的 IP 网，一个基本的 NS2 脚本主要由脚本运行时间、总流数、代理、路由协议、网络拓扑、带宽、时延、丢弃模型、通信应用或通信量产生器九个测度组成，除路由协议外的其余八个测度是构成一个能实际运行的 NS2 脚本所必须设置的基本测度。

IPTAS 系统采集 CERNET 江苏省网边界主干信道的 IP 报文的前六十字节，并对保存的 IP Trace 数据按国际惯例给予发布[1]。考虑基本 NS2 脚本需要和 IP Trace 可以提供的信息，以及 IP Trace 采集位置的网络拓扑结构，最终选择支持的 NS2 测度为传输层协议（TCP、UDP）、网络拓扑（哑铃结构）、流占用带宽、流时延、丢弃模型（Droptail）、通信量产生器（FTP、CBR）、流开始时间、流结束时间、报文大小、报文发送间隔，一共十个。

NS2 中的路由协议由于不是 NS2 脚本必备的参数，也无法由 IP Trace 简单提供，因此不在考虑范围内。丢弃模型和网络拓扑选择 IP Trace 采集时网络的实际情况直接在 NS2 脚本中给出，不支持用户设置。脚本运行时间、总流数、两个总体参数可由用户自行指定。另外用户还可以指定特定的 IP Trace 作为参数计算的来源。流时延由于无法通过 IP Trace 简单分析得出，在初始阶段

这个测度采用缺省配置或由用户提供。后继工作中，将在 TCP 流的 RTT 算法支持下，完成对这个参数的支持。除流时延外其余流测度参数都可以由用户直接给出或系统根据用户规则脚本挑选匹配流后计算得出。

综上所述，我们将用户规则脚本分为三部分：固定参数、总体参数、流参数，具体见表 1。固定参数由系统直接给出，无需用户指定。总体参数表示用户对所有挑选出的 IP 流的要求，对每个 NS2 脚本只能在总规则中指定一次，且脚本运行时间、总流数、IP Trace 起始时间三个总体参数必须指定，其余总体参数可选择性指定。流参数则表示对某条流的要求，可根据用户具体需求指定多条流。总体参数和流参数重合的六个测度中，除流协议和分类型流量在总体参数中支持比例匹配，在流参数中支持字符串匹配外，其余测度含义相同。最后需要说明的是生成的 NS2 脚本，虽然可以直接运行，但它更重要的用途是可以作为一个基本脚本使用，用户可以在该 NS2 脚本的基础上进行进一步的修改，以满足其他更加具体的模拟需求。

表 1 NS2 测度提供表

固定参数：	丢弃模型：Droptail
	网络拓扑：哑铃结构
总体参数：	脚本运行时间：ltime（单位：s）
	总流数：flownum
	IP Trace 起始时间:tracetime
	流占用带宽：bandwidth （单位：KB）
	流时延：delay （单位：ms）
	流协议：protocal（tcp：udp）
	分类型流量：flowpro（ftp：cbr）
	报文平均长度：packetsize（单位：B）
	报文发送间隔：interval （单位：s）
流参数：	流占用带宽：bandwidth （单位：KB）
	流时延：delay （单位：ms）
	流协议：protocal（tcp、udp）
	流开始时间：stime（单位：s）
	流结束时间：etime（单位：s）
	分类型流量：flowpro（ftp、cbr）
	报文平均长度：packetsize（单位：B）
	报文发送间隔：interval （单位：s）

2.2 脚本生成方案

以图 1 为流程、表 1 为测度的 NS2 脚本生成方案主要分为以下四步：

1) 用户需求描述支持。即图 1 中的用户需求和用户规则脚本生成部分。用户在 web 页面中填写需求参数，系统在 php 的支持下，生成用户规则脚本对需求进行描述。系统结合上下文无关文法和 LALR(1)完成用户规则脚本的编译工作。相关工作在第三节中详细介绍。

2) 用户规则脚本一致性分析。确认用户的描述不存在相互矛盾，且语义无误。

3) NS2 规则脚本生成。根据用户规则脚本，计算所有 NS2 脚本需要且用户未指定的流参数，获得完整的 NS2 规则脚本。

4) NS2 脚本生成。根据 NS2 规则脚本生成最终的可实际运行的 NS2 脚本。

本方案的关键点主要在于前三个方面，下面将分别对其进行详细介绍。

三、用户需求描述支持

我们设计用一个规则脚本支持用户对 NS2 脚本需求的描述，就是前面多次提到的用户规则脚本。需求描述分为两部分，一部分为总体需求描述，另一部分为流需求描述。正则表达式可以用简单的字符集达到对复杂字符串的形式化描述，上下文无关文法能保证语法的无二义性[10][11]，因此为了保证用户规则脚本的一致性，本文采用正则表达式规范用户规则的词法规则，用上下文无关文法规范其语法规则。

一个上下文无关文法 G 是一个四元组 $G=(V_T,V_N,S,P)$，其中 V_T 是非空的终结符集合；V_N 是非空的非终结符集合，且 $V_T \cap V_N =\varphi$，φ 表示空集；$S \in V_N$，是文法的开始符号。P 是有限的产生式集合，产生式的形式为 A->X，其中 $A \in V_N$，$X \in (V_N \cup V_T)^*$。

用户规则的上下文无关文法 NS2URG 可以描述为：

$NS2URG=(V_T,V_N,Rulescript,P)$

其中，V_T={trule、rule、tracetime、ltime、flownum 、 delay 、 protocal 、 flowpro 、packetsize、stime、etime、bandwidth、interval、cbr、ftp、tcp、udp、int、zint、zpoint、timenum、{、}、:、.、-};

V_N={Rulescript、Trule、Rulelist、Rule、Ltime、Flownum、Delay、Protocol、Flowpro、Packetsize 、 Stime 、 Etime 、 Bandwidth 、 Interval、Rprotocal 、Rflowpro 、Num 、 Znum}；

P 为：

Rulescript-> Trule Rulelist (1)

Rulelist->Rule Rulelist|ε (2)

Trule->trule { Tracetime Ltime Flownum Trulelist } (3)

Trulelist-> Bandwidth Delay Protocal Flowpro Packetsize Interval (4)

Tracetime->tracetime:timenum (5)

Ltime-> ltime:Znum (6)

Flownum-> flownum:zint (7)

Bandwidth->bandwidth:Znum:Znum |ε (8)

Delay->delay:Znum|ε (9)

Protocal-> protocol:int:int|ε (10)

Flowpro-> flowpro:int:int|ε (11)

Packetsize-> packetsize:zint:zint|ε (12)

Interval-> interval:Znum:Znum|ε (13)

Num->zpoint|int (14)

Znum->zpoint|zint (15)

Rule->rule-int { Rulelist } (16)

Rulelist->Stime Etime Bandwidth Delay Rprotocal RFlowpro Packetsize Interval (17)

Stime-> stime:Num:Znum|ε (18)

Etime->etime:Znum:Znum|ε (19)

Rprotocal-> protocol:tcp|protocol:udp|ε (20)

Rflowpro-> flowpro:ftp|flowpro:cbr|ε (21)

int、zint 和 zpoint 分别为非负整数、正整数和正小数， timenum 为指定的 IP Trace 的起始时间，正规表达式为：

int=^[1-9]\d*|0$ (22)

zint=^[1-9]\d*$ (23)

zpoint=^[1-9]\d*\.\d*|0\.\d*[1-9]\d*$ (24)

timenum=^\d{4}\.(0[1-9]|1[0-2])\.(0[1-9]|[1-2][0-9])\:(0[1-9]|1[0-2])\:[0-5][0-9]\:[0-5][0-9]$ (25)

采用规范的描述是为了保证最终的输出符合 NS2 脚本规范。实现过程采用了 WEB 作为用户提供输入测度参数的支持，用户规则脚本是根据用户输入的参数由系统自动生成的。

四、用户规则脚本的一致性分析

因为用户规则脚本中部分参数间存在的关联关系，比如，流终止时间要大于流起始时间（etime>stime），因此需要对用户规则脚本中的参数进行一致性检查，以保证生成 NS2 规则脚本的语义逻辑是正确无误的。

我们将参数间关系分为三类：总体参数间关系，流参数间关系，总体参数与流参数间关系。并分别进行相关性讨论。

4.1 总体参数间一致性分析

单测度一致性分析：

- 考虑到 NS2 模拟规模，flownum<150。
- 范围匹配的上界不小于下界，且不能溢出。

二元组一致性分析：

由于 packetsize 和 interval 是 cbr 的属性，ftp 中不存在，因此：

- (flowpro,packetsize)中，若 flowpro 中 cbr 比例为 0，则不能设置 packetsize。
- (flowpro,interval)中，若 flowpro 中 cbr 比例为 0，则不能设置 interval。

三元组一致性分析：

- (bandwidth,packetsize,interval)中，设 bandwidth= a:b，packetsize=c:d，interval=e:f；由于三个参数满足 bandwidth*interval= packetsize/1024，所以 a*e<=c/1024，b*f>=d/1024。
- (flownum, protocol, flowpro)中，设 flownum=n，protocal=a:b，flowpro=c:d，则出于数据有效性必须满足 a+b>0，c+d>0，n%(a+b)=0，n%(c+d)=0，又由于 tcp 流可以为 cbr 或 ftp，而 udp 流只能为 cbr，因此 tcp 流数必须大于 ftp 产生流，即(n/(a+b))*a>=(n/(c+d))*c。

4.2 流参数间一致性分析

单测度一致性分析：

- 范围匹配的上界不小于下界，且不能溢出。

二元组一致性分析：

- (stime,etime)中，设 stime=a:b，etime=c:d，则 a<c，b<d。

由于 packetsize 和 interval 是 cbr 的属性，ftp 中不存在，且 tcp 流可以为 cbr 或 ftp，而

udp 流只能为 cbr，因此：

- (flowpro,packetsize)中，若 flowpro 为 ftp，则不能设置 packetsize。
- (flowpro,interval)中，若 flowpro 为 ftp，则不能设置 interval。
- (protocol,flowpro)中，若 protocal 为 udp，则 flowpro 只能为 cbr。

三元组一致性分析：

- (bandwidth,packetsize,interval)中，设 bandwidth= a:b，packetsize=c:d，interval=e:f；由于三个参数满足 bandwidth*interval= packetsize/1024，所以 a*e<=c/1024，b*f>=d/1024。

4.3 总体参数和流参数间一致性分析

二元组一致性分析：

- 对于总体参数和流参数中的 bandwidth、interval、packetsize 字段，所有流参数的范围都不得超出对应总体参数的范围。
- ltime 不小于任意流参数中的 etime。
- flownum 不得小于用户给出的具体流规则条数。

四元组一致性分析：

- 对于总体参数中的 flownum、protocal 以及流参数中的 protocal、flowpro，设 flownum=n，总体参数中 protocal=a:b，流参数中用户共指定 c 条 tcp 流（流参数中 protocal 为 tcp 或 flowpro 为 ftp 的流都为 tcp 流），d 条 udp 流，则 c<=(n/(a+b))*a，d<=(n/(a+b))*b。

六元组一致性分析：

- 对于总体参数中的 flownum、flowpro 以及流参数中的 protocal、flowpro、packetsize、interval，设 flownum=n，总体参数中 flowpro=a:b，流参数中用户共指定 c 条流为 ftp，d 条流为 cbr（流参数中 flowpro 为 cbr 或 protocal 为 udp 或指定了 packetsize 或 interval 的流都为 cbr），则 c<=(n/(a+b))*a，d<=(n/(a+b))*b。

五、NS2 规则脚本生成

5.1 参数计算

对于通过一致性检查的用户规则脚本，需要根据用户规则脚本中指定的参数，完成 NS2 规则脚本的参数计算，并生成最终的 NS2 脚本。需要完成的工作包括从用户指定的 IP Trace 中挑选出满足总规则中要求的流，并计算生成 NS2 脚本需要的流测度参数，这些计算需要的参数在表 2 中。在实现中，为了提高计算测度参数的流的完整性，我们增加了 npacketnum>4 的限制。

表 2 NS2 参数计算需要的 Netflow 流字段表

流开始时间：nstime（单位：s）
流结束时间：netime（单位：s）
流总报文数：npacketnum（单位：个）
流总字节数：nbytenum（单位：B）
流协议：nprotocol

各具体流规则参数计算公式如下，

stime=nstime-basetime (26)

etime=netime-basetime (27)

protocol=nprotocol (28)

bandwidth=nbytenum/((netime-nstime)*1024) (29)

interval=(netime-nstime)/npacketnum (30)

packetsize=nbytenum/npacketnum (31)

其中，basetime 为用户指定的 IP Trace 起始时间。上文给出了八个流参数中六个的计算方式。另外时延和通信量 2 个参数，采用用户配置或缺省配置。

5.2 NS2 规则脚本结构

NS2 规则脚本由两部分组成，用户指定规则和用户未指定规则。用户指定规则中，用户指定的参数由用户提供，用户未指定的参数，系统根据用户流需求挑选出满足条件的 IP 流，计算得出参数。用户未指定规则部分，系统挑选出结合指定规则后满足总需求的流，计算得出参数。

NS2 规则脚本文法类似用户规则脚本的具体规则部分，只有两点区别。一是用户规则脚本具体规则各参数（如 Stime、Etime）可以为空，而 NS2 规则脚本是完整的规则脚本，因此各参数都不能为空。二是用户规则脚本具体规则数不大于总流数即可，而 NS2 规则脚本中的规则数必须等于总流数。

六、运行实例

本节给出一个完整的实例运行过程。由

于最后生成的 NS2 脚本过大，在这里仅给出生成的 NS2 规则脚本和三条 NS2 脚本局部作为示例。示例 1 为用户规则脚本，该脚本选取 2013 年 1 月 22 日零点开始的 IP Trace 为数据源，希望能获得十条满足条件的 IP 流的流测度参数。trule 部分对这十条流的整体测度范围分布做了限制，随后的五条 rule 则分别进一步限制了 5 条流的流测度参数范围。其中,rule-1 给出了完整的参数需求，rule-2~rule-4 则给出了部分参数需求。示例 2 为 NS2 规则脚本，脚本中前五条流分别对应于示例 1 中 rule-1~rule-5 要求的 IP 流，后五条流则是在 trule 限制条件下从 IP Trace 中选出的流。如 trule 中规定 TCP 流：UDP 流为 4：1，这样最后生成的十条流中 TCP 流为 8 条，UDP 流 2 条。因为规则按脚本中已经有 2 条 UDP 流，所以后面系统挑选的五条流全部为 TCP 流。示例 3 为在编译器支持下系统最后生成的 NS2 脚本文件中对应于示例 2 中 rule-1 的部分，用户在 rule-1 中指定了所有需求参数。示例 4 为对应于示例 2 中 rule-2 的部分，rule-2 中用户指定了部分需求参数。示例 5 对应于示例 2 中 rule-6 部分，用户未指定 rule-6，rule-6 是系统结合 rule-1~rule-5 生成的满足 trule 的规则。表 3 为 rule-1~rule-10 对应的 10 条 IP 流的详细信息，考虑到用户隐私，对 IP 地址做了简单的匿名化处理。

示例 1：用户规则脚本

```
trule {tracetime:2013.01.22:00:00:00
       ltime:10 flownum:10 bandwidth:0:150
       delay:20 protocal:4:1 flowpro:2:3
       packetsize:100:1500}
rule-1 {stime:1:1.5 etime:1:2 bandwidth:10:20
        delay:15 protocal:udp flowpro:cbr
        packetsize:900:1000 interval:0:0.1}
rule-2 {stime:0:1 etime:1:2 bandwidth:100:150
        protocal:tcp flowpro:cbr
        packetsize:1400:1500}
rule-3 {stime:0:1 etime:3:4 bandwidth:50:100
        protocal:tcp}
rule-4 {stime:2:3 etime:2:3 bandwidth:10:20
        delay:30 protocal:tcp}
rule-5 {stime:3:4 etime:6:7 protocal:udp
        interval:0.15:0.2}
```

示例 2：NS2 规则脚本

```
rule-1 {stime:1.06 etime:1.54 bandwidth:19.65
        delay:15.00 protocal:udp flowpro:cbr
        packetsize:914 interval:0.05}
rule-2 {stime:0.00 etime:1.01 bandwidth:143.45
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:cbr
        packetsize:1483 interval:0.01}
rule-3 {stime:0.00 etime:3.25 bandwidth:58.06
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:ftp}
rule-4 {stime:2.11 etime:2.96 bandwidth:16.26
        delay:30.00 protocal:tcp flowpro:cbr
        packetsize:1110 interval:0.07}
rule-5 {stime:3.44 etime:6.33 bandwidth:0.88
        delay:20.00 protocal:udp flowpro:cbr
        packetsize:164 interval:0.18}
rule-6 {stime:0.00 etime:0.88 bandwidth:16.85
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:ftp}
rule-7 {stime:0.00 etime:1.87 bandwidth:6.50
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:cbr
        packetsize:1480 interval:0.22}
rule-8 {stime:0.00 etime:1.00 bandwidth:143.45
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:ftp}
rule-9 {stime:0.46 etime:1.48 bandwidth:18.59
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:cbr
        packetsize:1464 interval:0.08}
rule-10 {stime:1.46 etime:3.14 bandwidth:13.59
        delay:20.00 protocal:tcp flowpro:ftp}
```

示例 3：第一条规则对应的 NS2 脚本

```
set n0 [$ns node]
set r0 [$ns node]
$ns simplex-link $n0 $r0 19.65KB 15.00ms DropTail
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n0 $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $r0 $null0
$ns connect $udp0 $null0
set cbr0 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr0 attach-agent $udp0
$cbr0 set packetSize_ 914
$cbr0 set interval_ 0.05
$ns at 1.06 "$cbr0 start"
```

```
$ns at 1.54 "$cbr0 stop"
```

示例 4：第二条规则对应的 NS2 脚本

```
set n1 [$ns node]
set r1 [$ns node]
$ns simplex-link $n1 $r1 143.45KB 20.00ms
DropTail
set tcp1 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n1 $tcp1
set null1 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $r1 $null1
$ns connect $tcp1 $null1
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr1 attach-agent $tcp1
$cbr1 set packetSize_ 1483
$cbr1 set interval_ 0.01
$ns at 0.00 "$cbr1 start"
$ns at 1.01 "$cbr1 stop"
```

示例 5：第六条规则对应的 NS2 脚本

```
set n5 [$ns node]
set r5 [$ns node]
$ns simplex-link $n5 $r5 16.85KB 20ms DropTail
set tcp5 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n5 $tcp5
set null5 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $r5 $null5
$ns connect $tcp5 $null5
set ftp5 [new Application/FTP]
$ftp5 attach-agent $tcp5
$ns at 0.00 "$ftp5 start"
$ns at 0.88 "$ftp5 stop"
```

表 3 rule-1~rule-10 对应 IP 流详细信息

属性 / 规则	流开始时间	流结束时间	源 IP 地址	宿 IP 地址	源端口	宿端口
rule-1	2013/1/22 0:0:1.06	2013/1/22 0:0:1.54	121.249.*.53	58.195. *.237	62010	2498
rule-2	2013/1/22 0:0:0	2013/1/22 0:0:1.01	202.119. *.148	14.219. *.145	80	3565
rule-3	2013/1/22 0:0:0	2013/1/22 0:0:3.25	211.65. *.69	218.19. *.99	22717	3667
rule-4	2013/1/22 0:0:2.11	2013/1/22 0:0:2.96	155.25. *.29	202.195. *.13	80	2539
rule-5	2013/1/22 0:0:3.44	2013/1/22 0:0:6.33	24.212. *.214	219.219. *.108	50928	60766
rule-6	2013/1/22 0:0:0	2013/1/22 0:0:0.88	202.119. *.213	122.94. *.187	80	6483
rule-7	2013/1/22 0:0:0	2013/1/22 0:0:1.87	202.119. *.100	61.152. *.174	2956	80
rule-8	2013/1/22 0:0:0	2013/1/22 0:0:1.00	202.119. *.148	14.219. *.145	80	3565
rule-9	2013/1/22 0:0:0.46	2013/1/22 0:0:1.48	114.112. *.61	180.208. *.205	80	44546
rule-10	2013/1/22 0:0:1.46	2013/1/22 0:0:3.14	121.194. *.240	180.208. *.12	80	54114

七、结束语

本文主要提出了一种基于 IP Trace 的 NS2 脚本生成工具的实现方案。该方案的实现为网络仿真研究人员提供了更真实有效的 NS2 测度参数，能使仿真结果更精确且更具有说服力。基于该方案的系统将进一步集成进 IPTAS 平台，提供第 3 方的 NS2 脚本生成服务。本文所实现的测度是综合 NS2 需要的测度与 IP Trace 能给出的测度所得的一些基本测度。实际上，IP Trace 还可以为 NS2 脚本提供更多的测度，这也是本文将来工作的方向。

参考文献：

[1]M. H. Ammar. Why we still don’t Know how to Simulate Networks. In Proceedings of 13th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, Atlanta, GA, USA, 2005:179~182 .

[2] G. Yan. Improving Large-Scale Network Traffic Simulation with Multi-Resolution Models. Technical Report TR2005-558, Department of Computer Science, Dartmouth College, 2005.

[3]Williamson C. Internet traffic measurement[J]. Internet Computing, IEEE, 2001, 5(6): 70-74.

[4]Breslau L, Floyd S, Heidemann J, et al. Advances in network simulation[J]. Computer, 2000, 33(5): 59-67.

[5]Issariyakul T, Hossain E. Introduction to network simulator NS2[M]. Springer, 2011.

[6]Chang X. Network simulations with OPNET[C].Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation---a bridge to the future-Volume 1. ACM, 1999: 307-314.

[7]Mohapatra S, Kanungo P. Performance analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV routing protocols using NS2 Simulator[J]. Procedia Engineering, 2012, 30: 69-76.

[8]Sumathi N, Thanamani D A S. Evaluation of energy efficient reactive routing protocols in QoS enabled routing for MANETS[J]. IJCA (0975–8887) Volume, 2011.

[9]缪丽华,丁伟.Cost-effective IP Trace Publishing Using Data Sketch. [J] NCIS11, 2011.

[10]吕映芝.上下文无关文法与无限状态自动机[J].电子学报,1995.

[11]陈火旺等编著.程序设计语言编译原理[M]. 国防工业出版社, 2000.

作者简介：

Liu Jing-jie, born in 1990,master. Her research interests in network measurement.

Ding Wei, born in 1962,Ph.D,professor.Her research interests include computer integrated manufacturing, general search engine, network measurement, network behavior etc.

Background

This paper proposed a NS2 script generation method based on the IP Trace. There are abundant researches based separately on NS2 or IP Trace at home and abroad, but perhaps due to only a few institutions have the ability to obtain traffic date from the high bandwidth trunk channel, there are no research combining NS2 and IP Trace together so far. The method proposed in the paper made the NS2 script parameters come from the measured data as more as possible to ensure the authenticity of simulation results . Under the support of the scheme, the IP Trace owner can provide the third-party NS2 script service.